

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-233043

(43)Date of publication of application : 22.08.2003

(51)Int.Cl.

G02F 1/03
G02F 1/035

(21)Application number : 2002-033079

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 08.02.2002

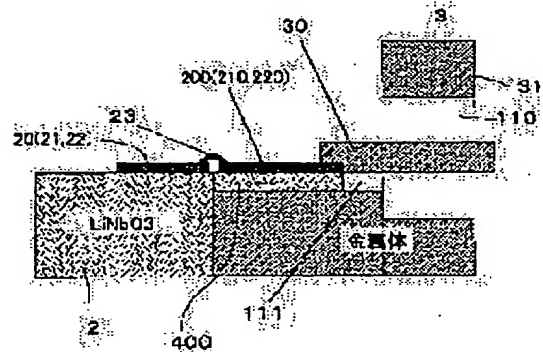
(72)Inventor : KAIDO YOSHIHIKO
ISHIZAKA TETSUO
TANAKA TAKEHITO

(54) OPTICAL MODULE WITH ELEMENT CHANGING OPTICAL PHASE BY ELECTROOPTIC EFFECT MOUNTED THEREON

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a preferably arrangement which can avoid the loss in supplying a high frequency control signal from the outside through an RF connector, with respect to an optical module on which an element which changes the optical phase by an electrooptic effect is mounted.

SOLUTION: The optical module is provided with the element which has a signal electrode and an earth electrode formed and changes the optical phase by the electrooptic effect, a connector which supplies a control signal of a microwave area to the signal electrode of the element and has a center conductor and an outer conductor, and a relay substrate where coplanar lines for connecting the signal electrode and the earth electrode of the element and the center conductor and the outer conductor of the connector are formed on a dielectric substrate, and an air layer is formed in the lower area part of the relay substrate, where the center conductor of the connector is arranged.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

03.09.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-233043
(P2003-233043A)

(43) 公開日 平成15年8月22日 (2003.8.22)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テラット* (参考)
G 0 2 F 1/03	5 0 2	G 0 2 F 1/03	5 0 2 2 H 0 7 9
1/035		1/035	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2002-33079 (P2002-33079)

(22) 出願日 平成14年2月8日 (2002.2.8)

(71) 出願人 000005223
富士通株式会社
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72) 発明者 海藤 義彦
北海道札幌市北区北七条西四丁目3番地1
富士通東日本ディジタル・テクノロジー株
式会社内

(74) 代理人 100094514
弁理士 林 恒徳 (外1名)

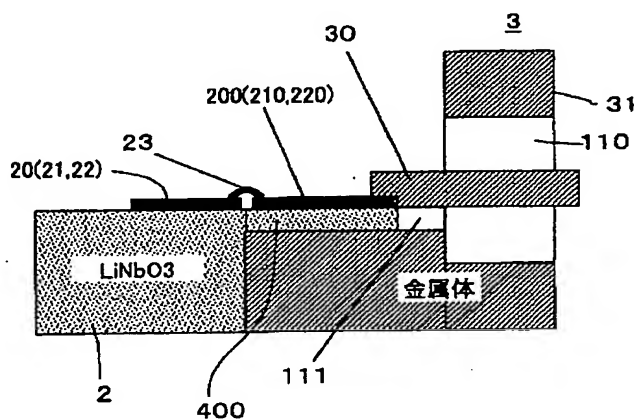
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気光学効果により光位相を変化させる素子を搭載した光モジュール

(57) 【要約】

【課題】 電気光学効果により光位相を変化させる素子を搭載した光モジュールにおいて、RFコネクタを通して外部から高周波制御信号を供給する際の損失を回避できる好ましい構成を提供する。

【解決手段】 信号電極と接地電極が形成された電気光学効果により光位相を変化させる素子と、前記素子の信号電極にマイクロ波領域の制御信号を供給する中心導体と外部導体を有するコネクタと、誘電体基板に前記素子の信号電極及び接地電極と、前記コネクタの中心導体と外部導体とを接続するコプレーナ線路が形成された中継基板を備え、前記中継基板の、前記コネクタの中心導体が配置された下側領域部分に空気層が形成されていることを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】信号電極と接地電極が形成され、電気光学効果により光位相を変化させる素子と、前記素子の信号電極にマイクロ波領域の制御信号を供給する中心導体と外部導体を有するコネクタと、誘電体基板に前記素子の信号電極及び接地電極と、前記コネクタの中心導体と外部導体とを接続するコプレーナ線路が形成された中継基板を備え、前記中継基板の、前記コネクタの中心導体が配置された下側領域部分に空気層が形成されていることを特徴とする電気光学効果により光位相を変化させる素子を搭載した光モジュール。

【請求項 2】請求項 1 において、前記中継基板の、前記コネクタの中心導体が配置された下側領域部分の空気層は、前記誘電体基板の前記コネクタと対向する側面の切り欠きにより形成されていることを特徴とする電気光学効果により光位相を変化させる素子を搭載した光モジュール。

【請求項 3】請求項 2 において、前記コプレーナ線路は、信号電極と、該信号電極の両側に配置された接地電極で構成され、前記接地電極間の間隔が前記コネクタの外部導体の径より小さいことを特徴とする光位相を変化させる素子を搭載した光モジュール。

【請求項 4】信号電極と接地電極が形成され、電気光学効果により光位相を変化させる素子と、前記素子の信号電極にマイクロ波領域の制御信号を供給する中心導体と外部導体を有するコネクタと、誘電体基板に前記素子の信号電極及び接地電極と、前記コネクタの中心導体と外部導体とを接続するコプレーナ線路が形成された中継基板を備え、前記中継基板に対向する領域の前記コネクタの外部導体の径が拡張されていることを特徴とする電気光学効果により光位相を変化させる素子を搭載した光モジュール。

【請求項 5】信号電極と接地電極が形成され、電気光学効果により光位相を変化させる素子と、前記素子の信号電極にマイクロ波領域の制御信号を供給する中心導体と外部導体を有するコネクタと、誘電体基板に前記素子の信号電極及び接地電極と、前記コネクタの中心導体と外部導体とを接続するコプレーナ線路が形成された中継基板を備え、前記中継基板の、前記コネクタの中心導体が配置される下側領域の部分が、テーパ状に面取りされ、空気層を形成していることを特徴とする電気光学効果により光位相を変化させる素子を搭載した光モジュール。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、電気光学効果により光位相を変化させる素子を搭載した光モジュールに関する。

【0002】

【従来の技術】大容量で広帯域な通信システムとして、光通信システムが適用されている。かかる光通信システムにおいて、通信容量拡大の需要に伴い、ますますビットレートの高速化が求められている。

【0003】一方、光通信システムには、強誘電体結晶等に電場を加えたときに屈折率の変化を生じる電気光学効果により光位相を変化させる素子を搭載した光モジュールが、光変調器、光ビーム偏光器、電気シャッター等として用いられている。

【0004】かかる光モジュールに搭載される、電気光学効果により光位相を変化させる素子（以下単に電気光学効果素子という）は、 LiNbO_3 や LiTaO_2 の電気光学結晶から切り出された基板に IC 技術を用いて、Ti 等の金属膜をパターンニングにより形成後、熱拡散し、あるいは安息香酸中でプロトン交換する等して形成される光導波路を有する。さらに光導波路近傍に所要の電極が形成される。

【0005】光モジュールは、かかる電気光学効果素子の外部から光導波路に光信号を供給し、光導波路近傍に形成された電極にマイクロ波帯の高周波制御信号を供給する構成を有するものである。

【0006】図 1 は、光モジュールを光変調器として用いる場合の一構成例を示すカバーを外した状態の上面図である。シールド筐体 1 内に電気光学効果素子 2 が收容されている。図 2 は、模式的に電気光学効果素子 2 の構成を示す図である。

【0007】光変調器として機能するために、図 2 に模式的に示される電気光学効果素子 2 に形成された光導波路 10 は、一例として 2 つの平行な導波路に分岐され、マツハツェンダ導波路を構成している。図 2 において、図 2 B は図 2 A の平面図において、a 線に沿う断面図であり、図 2 C は b 線に沿う断面図である。

【0008】一例として、電気光学効果素子 2 の基板を LiNbO_3 結晶の Z 軸方向に切り出した Z カット基板を用い、電極をシングル電極、変調方式を強度変調とする場合、この分岐された 2 つの平行な導波路の一方の真上に信号電極 20 が、そして他方の真上に接地電極 22 が配置されている。なお、光導波路 10 の分岐された 2 つの平行導波路中を伝搬する光信号が信号電極 20 及び、接地電極 22 により吸収されるのを防ぐために、基板と信号電極 20 及び接地電極 22 との間に、 SiO_2 等によるパッファ層が設けられる。

【0009】図 2 において、光信号は導波路 10 の入射側 (Opt In) に入力される。光変調器として機能させるために、この光信号の伝搬方向と同じ方向に変調信号として、信号源 25 から出力されるマイクロ波信号が信号電極 20 に供給される。したがって、分岐された平行光導波路の屈折率が、マイクロ波信号の極性に対応して、互いに反対方向に変化され、これにより平行光導波路の

光位相差が変化し、図2において光導波路10の出射側(Opt Out)から強度変調された光信号が出力される。

【0010】ここで、信号源25から供給される変調信号としてのマイクロ波である高周波信号は、図1に示す光モジュールの構成において、中心導体30と外部導体31を有するRFコネクタ3を通して信号電極20と接地電極21、22間に供給される。

【0011】この時、図1に示すような従来構成において、RFコネクタ3の中心導体30は、スライディングコンタクト部材32に挿入され、電気光学効果素子2の信号電極20とスライディングコンタクト部材32とのボンディングにより接続され、RFコネクタ3の外部導体31は、電気光学効果素子2の接地電極21、22にワイヤボンディング23により接続される構成であった。

【0012】しかし、ボンディングのためには、ボンディングツールを入れるスペースが必要なためRFコネクタ3の中心導体30をRFコネクタ3の同軸状態から突き出すことが避けられなかった。そのためにRFコネクタ3の中心導体30が突き出した部分は特性インピーダンスが高くなり、インピーダンス不整合を生じていた。

【0013】さらに、高周波信号の波長が電気光学効果素子2の電極の大きさに比べて大きい場合には、特性にそれほどの影響はなかったが、波長が小さくなると電気光学効果素子2の高周波特性に影響を及ぼし、高周波信号の放射および反射が生じ、電気光学効果素子2における広帯域な伝送特性を得ることができなくなる。また、スライディングコンタクト部材32とRFコネクタ3の中心導体30は数十 μm と非常に微細なものである。このために組立時の作業性が非常に悪い。

【0014】かかる問題に対する解決策として、本発明者等は、中継基板を用いる方法の採用を検討してきた。しかし、中継基板を介してのRFコネクタ3と電気光学効果素子2との接続において、それぞれの部位自身で特性インピーダンスを、例えば50 Ω となるように設計しても、RFコネクタ3と中継基板間の接続において、インピーダンスの急激な変化を避けられないものであった。これにより結果として伝送損失が大きくなるという問題を未だ有していた。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】したがって、本発明の目的は、電気光学効果により光位相を変化させる素子を搭載した光モジュールにおいて、RFコネクタを通して外部から高周波制御信号を供給する際の損失を回避できる好ましい構成を提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記の本発明の課題を解決する電気光学効果により光位相を変化させる素子を搭載した光モジュールは、第1の態様として、信号電極と接地電極が形成され、電気光学効果により光位相を変

化させる素子と、前記素子の信号電極にマイクロ波領域の制御信号を供給する中心導体と外部導体を有するコネクタと、誘電体基板に前記素子の信号電極及び接地電極と、前記コネクタの中心導体と外部導体とを接続するコプレーナ線路が形成された中継基板を備え、前記中継基板の、前記コネクタの中心導体が配置された下側領域部分に空気層が形成されていることを特徴とする。

【0017】上記の本発明の課題を解決する光モジュールは、第2の態様として、第1の態様において、前記中継基板の、前記コネクタの中心導体が配置された下側領域部分の空気層は、前記誘電体基板の前記コネクタと対向する側面の切り欠きにより形成されていることを特徴とする。

【0018】上記の本発明の課題を解決する光モジュールは、第3の態様として、第2の態様において、前記コプレーナ線路は、信号電極と、該信号電極の両側に配置された接地電極で構成され、前記接地電極間の間隔が前記コネクタの外部導体の径より小さいことを特徴とする。

【0019】さらに、上記の本発明の課題を解決する光モジュールは、第4の態様として、信号電極と接地電極が形成され、電気光学効果により光位相を変化させる素子と、前記素子の信号電極にマイクロ波領域の制御信号を供給する中心導体と外部導体を有するコネクタと、誘電体基板に前記素子の信号電極及び接地電極と、前記コネクタの中心導体と外部導体とを接続するコプレーナ線路が形成された中継基板を備え、前記中継基板に対向する領域の前記コネクタの外部導体の径が拡張されていることを特徴とする。

【0020】上記の本発明の課題を解決する光モジュールは、第5の態様として、信号電極と接地電極が形成され、電気光学効果により光位相を変化させる素子と、前記素子の信号電極にマイクロ波領域の制御信号を供給する中心導体と外部導体を有するコネクタと、誘電体基板に前記素子の信号電極及び接地電極と、前記コネクタの中心導体と外部導体とを接続するコプレーナ線路が形成された中継基板を備え、前記中継基板の、前記コネクタの中心導体が配置される下側領域の部分が、テーパ状に面取りされ、空気層を形成していることを特徴とする光モジュール。

【0021】上記の本発明の課題を解決する光モジュールは、第6の態様として、第4又は5の態様において、前記コプレーナ線路は、信号電極と、該信号電極の両側に配置された接地電極で構成され、前記接地電極間の間隔が前記コネクタの外部導体の径より大きいことを特徴とする。

【0022】さらに、上記の本発明の課題を解決する光モジュールは、第7の態様として、信号電極と接地電極が形成され、電気光学効果により光位相を変化させる素子と、前記素子の信号電極にマイクロ波領域の制御

信号を供給する中心導体と外部導体を有するコネクタと、誘電体基板に前記素子の信号電極及び接地電極と、前記コネクタの中心導体と外部導体とを接続するコプレーナ線路が形成された中継基板と、前記中継基板の前記誘電体基板を搭載する金属体を有し、前記中継基板の、前記コネクタの中心導体が配置された下側領域に対応する前記金属体の部分に空気層が形成されていることを特徴とする光モジュール。

【0023】上記の本発明の課題を解決する光モジュールは、第8の態様として、信号電極と接地電極が形成され、電気光学効果により光位相を変化させる素子と、前記素子の信号電極にマイクロ波領域の制御信号を供給する中心導体と外部導体を有するコネクタと、誘電体基板に前記素子の信号電極及び接地電極と、前記コネクタの中心導体と外部導体とを接続するコプレーナ線路が形成された中継基板と、前記中継基板の前記誘電体基板を搭載する金属体を有し、前記中継基板の前記誘電体基板は、複数のVIAにより前記金属体と電氣的に接続されていることを特徴とする。

【0024】上記の本発明の課題を解決する光モジュールは、第9の態様として、第8の態様において、前記誘電体基板は多層構造を有し、中間層に内導体を形成し、前記内導体で、前記複数のVIAを接続していることを特徴とする。

【0025】上記の本発明の課題を解決する光モジュールは、第10の態様として、第9の態様において、前記複数のVIAの内、前記中継基板の、前記コネクタの中心導体が配置された領域にあるVIAに関しては、前記内導体と非接続であることを特徴とする電気光学効果により光位相を変化させる素子を搭載した光モジュール。

【0026】上記の本発明の課題を解決する光モジュールは、第11の態様として、第1、4、又は5の態様において、前記コネクタの中心導体が接続される前記中継基板のコプレーナ線路の信号電極の幅が、前記中心導体の径より小さいことを特徴とする。

【0027】さらに、上記の本発明の課題を解決する光モジュールは、第12の態様として、第1、4、又は5の態様において、前記コネクタの中心導体が接続される前記中継基板のコプレーナ線路の信号電極の形状が、前記コネクタに向かって広がるテーパ部と前記コネクタに向かって狭まるテーパ部を有する菱形を成し、前記信号電極の両側に配置される接地電極の形状が、前記コネクタに向かって広がるテーパ部に対応するテーパ部を有することを特徴とする。

【0028】また、上記の本発明の課題を解決する光モジュールは、第13の態様として、第1、4又は5の態様において、前記コプレーナ線路の信号電極幅は、前記コネクタの中心導体の直径よりも小さいことを特徴とする。

【0029】本発明の特徴は、更に以下に図面に従い説明される本発明の実施の形態から明らかになる。

【0030】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施の形態例を説明するが、本発明の理解を容易とするために、本発明の実施の形態例の説明に先だて、本発明者等が検討した光モジュールにおいて、電気光学効果素子2の信号電極20及び接地電極21、22と、RFコネクタ3の中心導体20及び外部導体21との接続を、中継基板を介して行う方法について図面を用いて説明する。

【0031】図3は、本発明者等による構想により検討した光モジュールの構成例である。図1と同様に、光モジュールのカバーを外した状態の上面図である。図4は、図3のa-b線で切断した入力側の斜視図である。

【0032】図1と入出力関係が逆に示されているが、図1の構成との基本的相違は、コプレーナ中継基板40を有している点にある。コプレーナ中継基板40は、RFコネクタ3の中心導体30と、外部導体31に対応して、中心に信号電極200、その両側に接地電極210、220を配した広い電極面積を有している。

【0033】さらに、コプレーナ中継基板40は、電気光学効果素子2の基板材料より小さな誘電率の誘電体基板、例えばAlO₃基板を焼成して得られるセラミック板400上に前記の信号電極200及び、その両側に配置した接地電極210、220を有している。かかる構成によりコプレーナ中継基板40自身での特性インピーダンスは、RFコネクタ3及び電気光学効果素子2と同様に、例えば50Ωに設計される。

【0034】コプレーナ中継基板40の電極200（210、220）と電気光学効果素子2の電極20（21、23）との間は、ボンディングワイヤ23で接続されている。一方、コプレーナ中継基板40とRFコネクタ3との接続は、外部導体31に関しては、金リボン11により行われ、また、内部導体30に関しては、図5に示すようなスライディングコンタク部材32を用いて行われる。

【0035】スライディングコンタク部材32は、スリット320を有し、RFコネクタ3の中心導体30が挿入されるリング部と、リング部から突き出たテラス部321を有している。したがって、RFコネクタ3の中心導体30の中心線からの断面を示す図6に示されるように、テラス部321は、コプレーナ中継基板40の信号電極220に接する様に平行に配置される。

【0036】さらに、スライディングコンタク部材32のテラス部321と、コプレーナ中継基板40の対応する信号電極200とはボンディングにより接続される。

【0037】かかる構造により、従来の図1に示す構造との比較において、組立作業の容易性が得られる。しかし、RFコネクタ3とコプレーナ中継基板40の接続に関して、前者が同軸構造であり、後者がコプレーナ構造

であるという構造における違いが存在する。これにより単独での特性インピーダンスが等しくても両者の接合部において電磁界の乱れが生じ、特性に劣化を生じるという問題がある。

【0038】かかる点を図7により更に説明する。図7は、電気力線のモードについて説明する図である。図7Aは、RFコネクタ3の電気力線モードであり、中心導体30から誘電体、中空であれば空気を介して外部導体3に向かって。一方、図7Bは、コプレーナ中継基

$$Z_0 = \sqrt{[R^2 + (1/j\omega C + j\omega L)^2]} \cdots \text{式1}$$

ただし、上記容量Cは、 $C \propto \epsilon_r \cdot S/d$ (S: 断面積、d: 距離) である。

【0041】RFコネクタ3の中心導体30と外部導体31の間は空気であるとする。空気の場合、比誘電率 ϵ_r は、 $\epsilon_{\text{air}} = 1$ である。一方、コプレーナ中継基板40が、Al₂O₃を焼成して得られるセラミック板である場合、比誘電率 ϵ_r はセラミックの比誘電率に等しい $\epsilon_{\text{rc}} = 5 \sim 40$ である。

【0042】したがって、RFコネクタ3及び、コプレーナ中継基板40の特性インピーダンスはそれぞれに対応する比誘電率を用いて特定される。

【0043】しかし、図6の断面図に示したように、RFコネクタ3とコプレーナ中継基板40を接続する場合、境界領域で、電気力線の好ましくない結合が生じる。すなわち、RFコネクタ3の中心導体30と、コプレーナ中継基板40の接地導体210、220との間で電気力線が結合し、コプレーナ中継基板40の信号電極200は、RFコネクタ3の外部導体31との間で電気力線が結合する。

【0044】これにより特性インピーダンスにおいて、大きな変化が生じ、RFコネクタ3から入力される高周波信号の放射並びに反射が大きくなり、結果として光デバイスの伝送損失をもたらすことになる。

【0045】したがって、本発明の目的は、かかる問題に対し更に検討し、RFコネクタ3を通して外部から高周波制御信号を供給する際の損失を回避できる好ましい接続構造を有する光モジュールを提供することにある。

【0046】図8は、本発明の第1の実施の形態例を示す図である。先に図4に関連して説明した本発明者等による検討対象としたコプレーナ中継基板40を電気光学効果素子2とRFコネクタ3との間に置いた構成である。図9は、RFコネクタ3の中心導体30に沿う断面図であり、図10は、RFコネクタ3とコプレーナ中継基板40の関係を示す上面図である。

【0047】この実施の形態例において、コプレーナ中継基板40の誘電体基板400例えば、セラミック板上に成膜された電極200、210、220は、ボンディングワイヤ23により、それぞれ電気光学効果素子2の信号電極20、接地電極21、22に接続される。信号電極20と接続されるコプレーナ中継基板40の信号電

極40の電気力線モードである。金属体24上に置かれた誘電体基板、例えば、セラミック板400上の信号電極200からセラミック板400を介して、両側の接地電極210、220に向かっている。

【0039】したがって、RFコネクタ3及びコプレーナ中継基板40のそれぞれにおいて単独で特性インピーダンスを考える場合は、図7に示す電気力線モードを考えれば良い。

【0040】ここで、特性インピーダンスは、

極200は、コプレーナ中継基板40上でRFコネクタ3の中心導体30と例えば、金錫のロウ材12で接続されている。

【0048】この実施の形態例では、特に図10に示す上面図から明らかなように、RFコネクタ3の外部導体31の径がコプレーナ中継基板40の接地電極210、220間の間隔Wより、大きい場合の例である。

【0049】したがって、この例においては、RFコネクタ3とコプレーナ中継基板40との接続において、RFコネクタ3の中心導体30とコプレーナ中継基板40の接地導体210、220との間での電気力線の結合が、コプレーナ中継基板40の信号電極200とRFコネクタ3の外部導体31との間で生じる電気力線の結合よりも強く現れる。

【0050】したがって、本発明は、図8～図10に示す第1の実施の形態例では、RFコネクタ3とコプレーナ中継基板40を接続する場合において、RFコネクタ3の中心導体30と、コプレーナ中継基板40の接地導体210、220との間で電気力線が結合しないように構成する。具体的には、コプレーナ中継基板40のRFコネクタ3の中心導体30が配置される下側領域の部分であって、前記RFコネクタ3と対向する側面側に切り欠き111を設けている。この切り欠きにより、図9、図10に示すように、RFコネクタ3の中心導体30と外部導体31間の空気層110と繋がった空気層を形成する。

【0051】かかる切り欠き111に生じた空気層によって、RFコネクタ3の中心導体30と、コプレーナ中継基板40の接地導体210、220との間の電氣的な距離が遠くなり、これらの間での電気力線の結合を弱めることが可能である。

【0052】一方、この実施の形態例では、RFコネクタ3の外部導体31の径が、コプレーナ中継基板40の接地電極210、220間の間隔幅より大きいので、コプレーナ中継基板40の信号電極200とRFコネクタ3の外部導体31との間で電気力線が結合する影響はもとも少ない。

【0053】したがって、第1の実施の形態例において、RFコネクタ3とコプレーナ中継基板40との接続において、特性インピーダンスの大きな変化を解消する

ことができる。

【0054】図11は、本発明の第2の実施の形態例を示す図である。先に図4に関連して説明した本発明者等による検討対象としたコプレーナ中継基板40を電気光学効果素子2とRFコネクタ3との間に置いた構成である。図12は、RFコネクタ3の中心導体30に沿う断面図であり、図13は、RFコネクタ3とコプレーナ中継基板40の関係を示す上面図である。さらに、図14は、図13のa-b線の断面であり、RFコネクタ側3から観察した図である。

【0055】この実施の形態例においても、コプレーナ中継基板40の誘電体基板400例えば、セラミック板上に成膜された電極200、210、220は、ボンディングワイヤ23により、それぞれ電気光学効果素子2の信号電極20、接地電極21、22に接続される。信号電極20と接続されるコプレーナ中継基板40の信号電極200は、コプレーナ中継基板40上でRFコネクタ3の中心導体30と例えば、金錫のロウ材12で接続されている。

【0056】この実施の形態例では、特に図13に示す上面図から明らかなように、RFコネクタ3の外部導体31の径がコプレーナ中継基板40の接地電極210、220間の間隔Wより、小さい場合の例である。

【0057】この例では、従って、コプレーナ中継基板40の信号電極200とRFコネクタ3の外部導体31との間の電氣的距離が近くなり、電気力線の結合も強くなる。さらに、RFコネクタ3の中心導体30と、コプレーナ中継基板40の接地電極210、220との間の電気力線の結合も先の第1の実施の形態例と同様である。

【0058】この第2の実施の形態例では、コプレーナ中継基板40の、RFコネクタ3の中心導体30が配置される下側領域の部分が、テーパ状に面取りされ、空気層112を形成している。したがって、図12に示すRFコネクタ3の中心導体30に沿う断面図では、空気層112は、三角形状で示される。

【0059】かかる三角形状での面取りにより生じた空気層112により、コプレーナ中継基板40の信号電極200と、RFコネクタ3の外部導体31との電氣的距離が遠くなる。また、RFコネクタ3の中心導体30とコプレーナ中継基板40上にある接地電極210、220との間も空気層112を介することにより電氣的距離が遠くなる。

【0060】これにより、RFコネクタ3の中心導体30とコプレーナ中継基板40の相互間の電氣的結合を減少させることができ、コプレーナ中継基板40とRFコネクタ3の接続における特性インピーダンスの大きな変化を避けることができる。

【0061】図15は、本発明の第3の実施の形態例を示す図である。先に図4に関連して説明した本発明者等

による検討対象としたコプレーナ中継基板40を電気光学効果素子2とRFコネクタ3との間に置いた構成である。図16は、RFコネクタ3の中心導体30に沿う断面図であり、図17は、RFコネクタ3とコプレーナ中継基板40の関係を示す上面図である。

【0062】この実施の形態例においても、コプレーナ中継基板40の誘電体基板400例えば、セラミック板上に成膜された電極200、210、220は、ボンディングワイヤ23により、それぞれ電気光学効果素子2の信号電極20、接地電極21、22に接続される。信号電極20と接続されるコプレーナ中継基板40の信号電極200は、コプレーナ中継基板40上でRFコネクタ3の中心導体30と例えば、金錫のロウ材12で接続されている。

【0063】さらに、この実施の形態例では、特に図17に示す上面図から明らかなように、RFコネクタ3の外部導体31の径がコプレーナ中継基板40の接地電極210、220間の間隔Wより、比較的に小さい場合の例である。

【0064】この第3の実施の形態例では、従って、コプレーナ中継基板40の信号電極200とRFコネクタ3の外部導体31との間の電氣的距離が近くなり、電気力線の結合の割合も大きくなる。したがって、コプレーナ中継基板40に対向する、RFコネクタ3の外部導体31の領域を面取りして、その径が拡張されている。

【0065】この外部導体31の面取りにより径の拡張部分は、図16において、三角形の断面として示され、図17において、切り欠き線114として示されている。そして、先の例と同様に、かかる外部導体31の面取りにより空気層113が形成される。これにより、コプレーナ中継基板40上の信号電極200とRFコネクタ3の外部導体31との電氣的距離を遠くすることができる。

【0066】ここで、コプレーナ中継基板40における電気力線のモードを図7により再度考察する。図7Bにおいては、電気力線は全て、誘電体基板400内で信号電極200と接地電極210及び220との間で結合している。

【0067】誘電体基板400は、凡そ1mm程度の厚さで形成され、シールド筐体1と共通接地電位にある金属体24上に配置される。したがって、信号電極200に流れる信号レベルが大きい場合、図7Cに示すように電気力線は信号電極200と金属体24の間でも結合することになる。

【0068】かかる場合は、コプレーナ中継基板40と接続される領域におけるRFコネクタ3の中心導体30のインピーダンスが大きくなる。これにより、RFコネクタ3から供給される高周波信号の損失を招くことにある。

【0069】図18、図19は、かかる不都合を解消す

る実施の形態例である。図18は、RFコネクタ3の中心導体30に沿う断面図であり、図19は、図18のa-b線に沿う断面図であり、RFコネクタ3の方向に見た図である。

【0070】特徴は、RFコネクタ3の中心導体30のコプレーナ中継基板40上に位置する領域に対応する金属体24に切り欠き部114を設け、空気層としていることである。これにより、コプレーナ中継基板40の信号電極200と金属体24との間の電氣的な距離が遠くなり、これらの間で図7Cに示すような電気力線の結合は生じなくなる。そして、図19に示す断面において、RFコネクタ3の中心導体30のコプレーナ中継基板40に接続される領域を一体で、特性インピーダンスになるように設定できる。

【0071】なお、図18に示す例では、先の第1の実施の形態例に適用した図が示されているが、第2、第3の実施の形態例にも当然に適用できるものである。

【0072】図20、図21は、更に別の本発明の実施の形態例であり、これは先のいずれの実施の形態において、適用することが可能である。

【0073】先に図7Bにより説明したように、信号電極200と接地電極210、220を有するコプレーナ中継基板40上のコプレーナ線路は、信号電極200と接地電極210、220間に電気力線が結合する。したがって、接地電極210、220のみである場合、電位が接地GNDから浮いており、相互のバランスを失うことがある。

【0074】これに対応する構成が図20の実施の形態構成である。図20の実施の形態例の断面図を図21に示す。図20及び図21において、金属体24上の誘電体基板400には複数のVIA50が形成される。

【0075】さらに、誘電体基板400は多層を有し、中間層に内導体51が形成される。この内導体51により複数のVIA50は、互いに接続されている。さらに、VIA50を介して金属体24に接続し、強固に接地GNDに電位を固定される。これらにより、接地電極210、220の電位バランスを電極全体に涉って維持することが可能である。

【0076】図21は、図20の実施の形態例をRFコネクタ3側からコプレーナ中継基板40に向かって見た断面図である。ここで、RFコネクタ3の中心導体30の近傍にあるVIA53は、内導体51及び金属体24とは接続されていない。

【0077】この理由は、中心導体30と接地電極210、220との間の電気力線の結合を防ぐためであり、且つ、誘電体基板400の製造過程時に、他のVIA50と共通に形成しておき、RFコネクタ3とコプレーナ中継基板40の接続における総合的なインピーダンスの調整のために利用される。これにより、RFコネクタ3の中心導体30のコプレーナ中継基板40に接続される

領域を一体で、特性インピーダンスになるように設定できる。

【0078】なお、図20における複数のVIA50を設ける代わりに、コプレーナ中継基板40の表面側から接地電極210及び220間を図示しないフライングワイヤで接続して共通接地電位に固定することも可能である。

【0079】次に、上記に説明した各実施の形態例におけるコプレーナ中継基板40の信号電極200の好ましい電極形状について考察する。

【0080】図22に示す電極形状は、プレーナ中継基板40上の信号電極200のRFコネクタ3側の先端部と接地電極210、220の形状に特徴を有する。

【0081】すなわち、コプレーナ中継基板40上の信号電極200のRFコネクタ3側の先端部を、RFコネクタ3に向かって広がるテーパ部（図18、201参照）とRFコネクタ3に向かって狭まるテーパ部（図18、202参照）を有する菱形形状としている。さらに、接地導体210、220も信号電極200の先端部の広がるテーパ部分に対応したテーパ部（図18、203、204参照）を有している。

【0082】かかるコプレーナ中継基板40上の信号電極200と接地電極210、220の形状により、コプレーナ中継基板40の信号電極200と、RFコネクタ31との距離及び、RFコネクタ3の中心導体30と、コプレーナ中継基板40上の接地電極210、220との距離を遠くすることができる。これにより相互間の電気力線の結合を弱めることが可能である。

【0083】図23は、RFコネクタ3の中心導体30の接続されるコプレーナ中継基板40の主信号電極200の幅について考察する図である。先に図7において説明した様にコプレーナ線路における電気力線のモードは、図7Bに示す如くであり、図7Cに示すように金属体24との間で電気力線の結合を生じさせないためには、信号電極200と接地電極間で結合する電気力線の密度の高めることが必要である。

【0084】このために、図23Aに示すようにRFコネクタ3の中心導体30の径よりも幅の広い信号電極200とするよりも、図23Cに示すように信号電極200の幅を中心導体30の径よりも小さくすることが有利である。この場合、信号電極200と中心導体30との接続は、中心導体30の側面からロウ材2により行われるが、信号電極200の幅が狭くなると、ロウ材12による接続が困難になる場合が想定される。

【0085】かかる場合は、図21に示されるように、信号電極200と接続される中心導体30の薄く成形し（図21、301参照）、ロウ材12により信号電極200に接続するようにすることが望ましい。

【0086】上記の実施の形態例の説明において、光モジュール内の光電気効果素子2として変調器とする場合

を例にしたが、本発明の適用はこれに限定されるものではない。また、変調器としては、誘電体基板をZカット、電極をシングル電極とし、変調方式を強度変調として例示して説明したが、本発明の適用は、これに限定されるものではない。

【0087】すなわち、変調器として、他に誘電体基板がZカットで、強度変調方式とする場合、電極をデュアル電極とすることも可能である。変調方式を位相変調方式、偏波変調方式とすることも可能である。さらに、誘電体基板をXカットとする場合も、電極構成及び変調方式に関し、同様の組合せとすることが可能である。

【0088】(付記1) 信号電極と接地電極が形成され、電気光学効果により光位相を変化させる素子と、前記素子の信号電極にマイクロ波領域の制御信号を供給する中心導体と外部導体を有するコネクタと、誘電体基板に前記素子の信号電極及び接地電極と、前記コネクタの中心導体と外部導体とを接続するコプレーナ線路が形成された中継基板を備え、前記中継基板の、前記コネクタの中心導体が配置された下側領域部分に空気層が形成されていることを特徴とする電気光学効果により光位相を変化させる素子を搭載した光モジュール。

【0089】(付記2) 付記1において、前記中継基板の、前記コネクタの中心導体が配置された下側領域部分の空気層は、前記誘電体基板の前記コネクタと対向する側面の切り欠きにより形成されていることを特徴とする電気光学効果により光位相を変化させる素子を搭載した光モジュール。

【0090】(付記3) 付記2において、前記コプレーナ線路は、信号電極と、該信号電極の両側に配置された接地電極で構成され、前記接地電極間の間隔が前記コネクタの外部導体の径より小さいことを特徴とする光位相を変化させる素子を搭載した光モジュール。

【0091】(付記4) 信号電極と接地電極が形成され、電気光学効果により光位相を変化させる素子と、前記素子の信号電極にマイクロ波領域の制御信号を供給する中心導体と外部導体を有するコネクタと、誘電体基板に前記素子の信号電極及び接地電極と、前記コネクタの中心導体と外部導体とを接続するコプレーナ線路が形成された中継基板を備え、前記中継基板に対向する領域の前記コネクタの外部導体の径が拡張されていることを特徴とする電気光学効果により光位相を変化させる素子を搭載した光モジュール。

【0092】(付記5) 信号電極と接地電極が形成され、電気光学効果により光位相を変化させる素子と、前記素子の信号電極にマイクロ波領域の制御信号を供給する中心導体と外部導体を有するコネクタと、誘電体基板に前記素子の信号電極及び接地電極と、前記コネクタの中心導体と外部導体とを接続するコプレーナ線路が形成された中継基板を備え、前記中継基板の、前記コネクタの中心導体が配置される下側領域の部分が、テーパ状に

面取りされ、空気層を形成していることを特徴とする電気光学効果により光位相を変化させる素子を搭載した光モジュール。

【0093】(付記6) 付記4又は5において、前記コプレーナ線路は、信号電極と、該信号電極の両側に配置された接地電極で構成され、前記接地電極間の間隔が前記コネクタの外部導体の径より大きいことを特徴とする光位相を変化させる素子を搭載した光モジュール。

【0094】(付記7) 信号電極と接地電極が形成され、電気光学効果により光位相を変化させる素子と、前記素子の信号電極にマイクロ波領域の制御信号を供給する中心導体と外部導体を有するコネクタと、誘電体基板に前記素子の信号電極及び接地電極と、前記コネクタの中心導体と外部導体とを接続するコプレーナ線路が形成された中継基板と、前記中継基板の前記誘電体基板を搭載する金属体を有し、前記中継基板の、前記コネクタの中心導体が配置された下側領域に対応する前記金属体の部分に空気層が形成されていることを特徴とする電気光学効果により光位相を変化させる素子を搭載した光モジュール。

【0095】(付記8) 信号電極と接地電極が形成され、電気光学効果により光位相を変化させる素子と、前記素子の信号電極にマイクロ波領域の制御信号を供給する中心導体と外部導体を有するコネクタと、誘電体基板に前記素子の信号電極及び接地電極と、前記コネクタの中心導体と外部導体とを接続するコプレーナ線路が形成された中継基板と、前記中継基板の前記誘電体基板を搭載する金属体を有し、前記中継基板の前記誘電体基板は、複数のVIAにより前記金属体と電気的に接続されていることを特徴とする電気光学効果により光位相を変化させる素子を搭載した光モジュール。

【0096】(付記9) 付記8において、前記誘電体基板は多層構造を有し、中間層に内導体を形成し、前記内導体で、前記複数のVIAを接続していることを特徴とする電気光学効果により光位相を変化させる素子を搭載した電気光学効果により光位相を変化させる素子を搭載した光モジュール。

【0097】(付記10) 付記9において、前記複数のVIAの内、前記中継基板の、前記コネクタの中心導体が配置された領域にあるVIAに関しては、前記内導体と非接続であることを特徴とする電気光学効果により光位相を変化させる素子を搭載した光モジュール。

【0098】(付記11) 付記1、4又は5の何れかにおいて、前記コネクタの中心導体が接続される前記中継基板のコプレーナ線路の信号電極の幅が、前記中心導体の径より小さいことを特徴とする電気光学効果により光位相を変化させる素子を搭載した光モジュール。

【0099】(付記12) 付記1、4又は5の何れかにおいて、前記コネクタの中心導体が接続される前記中継基板のコプレーナ線路の信号電極の形状が、前記コネク

タに向かって広がるテーパ部と前記コネクタに向かって狭まるテーパ部を有する菱形を成し、前記信号電極の両側に配置される接地電極の形状が、前記コネクタに向かって広がるテーパ部に対応するテーパ部を有することを特徴とする電気光学効果により光位相を変化させる素子を搭載した光モジュール。

【0100】（付記13）付記1、4又は5の何れかにおいて、前記コプレーナ線路の信号電極幅は、前記コネクタの中心導体の直径よりも小さいことを特徴とする電気光学効果により光位相を変化させる素子を搭載した光モジュール。

【0101】

【発明の効果】以上図面に従い、実施の形態例を説明したように、本発明によりRFコネクタの外部導体とコプレーナ中継基板の信号電極間に直接電気力線の結合を生じさせることく、外部RFケーブルからRFコネクタを介して、光モジュール内の光電気効果素子に制御用高周波信号を供給可能である。

【0102】これにより光モジュールにおいて、広帯域な高周波特性を得ることが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】光モジュールを光変調器として用いる場合の一構成例を示すカバーを外した状態の上面図である。

【図2】模式的に電気光学効果素子2の構成を示す図である。

【図3】本発明者等による構想により検討した光モジュールの構成例である。

【図4】図3のa-b線で切断した入力側の斜視図である。

【図5】スライディングコンタクト部材32を説明する図である。

【図6】RFコネクタ3の中心導体30の中心線からの断面を示す図である。

【図7】電気力線のモードについて説明する図である。

【図8】本発明の第1の実施の形態例を示す図である。

【図9】RFコネクタ3の中心導体30に沿う断面図である。

【図10】RFコネクタ3とコプレーナ中継基板40の関係を示す上面図である。

【図11】本発明の第2の実施の形態例を示す図である。

【図12】RFコネクタ3の中心導体30に沿う断面図である。

【図13】RFコネクタ3とコプレーナ中継基板40の

関係を示す上面図である。

【図14】図13のa-b線の断面であり、RFコネクタ側3から観察した図である。

【図15】本発明の第3の実施の形態例を示す図である。

【図16】RFコネクタ3の中心導体30に沿う断面図である。

【図17】RFコネクタ3とコプレーナ中継基板40の関係を示す上面図である。

【図18】図7Cに示すように電気力線は信号電極200と金属体24との間でも結合する不都合を解消する実施の形態例におけるRFコネクタ3の中心導体30に沿う断面図である。

【図19】図18のa-b線に沿う断面図であり、RFコネクタ3の方向に見た図である。

【図20】さらに別の本発明の実施の形態例を示す図である。

【図21】図20の実施の形態例の断面を示す図である。

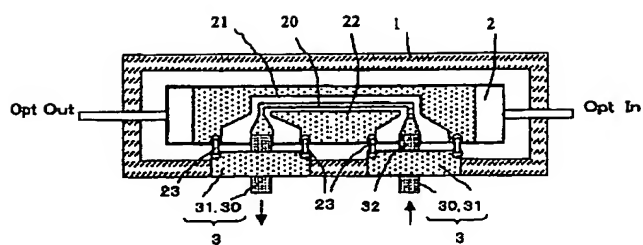
【図22】プレーナ中継基板40上の信号電極200のRFコネクタ3側の先端部と接地電極210、220の形状に特徴を有する信号電極の形状を示す図である。

【図23】RFコネクタ3の中心導体30の接続されるコプレーナ中継基板40の主信号電極200の幅について考察する図である。

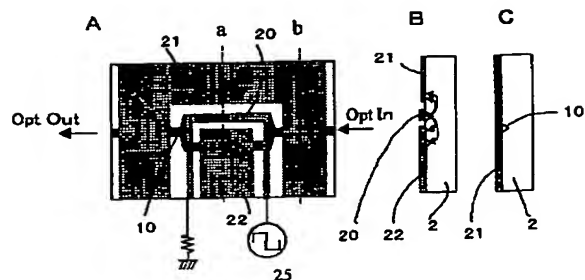
【符号の説明】

- | | |
|---------|----------------|
| 1 | シールド管体 |
| 2 | 光電気効果素子 |
| 11 | 金リボン |
| 12 | ロウ材 |
| 20 | 光電気効果素子の信号電極 |
| 21、22 | 光電気効果素子の接地電極 |
| 24 | 金属体 |
| 40 | コプレーナ中継基板 |
| 200 | コプレーナ中継基板の信号電極 |
| 210、220 | コプレーナ中継基板の接地電極 |
| 23 | ボンディングワイヤ |
| 25 | 制御信号源 |
| 3 | RFコネクタ |
| 30 | 中心導体 |
| 31 | 外部導体 |
| 400 | 誘電体基板 |
| 111 | 空気層 |

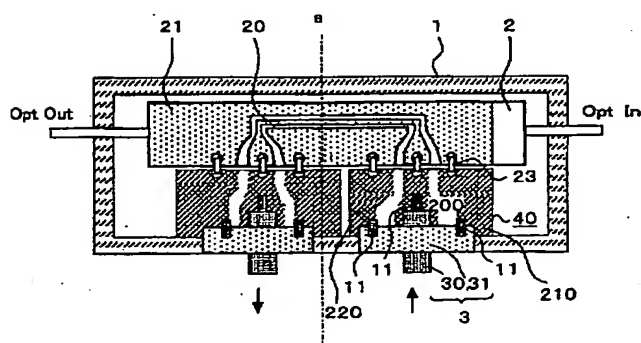
【図1】



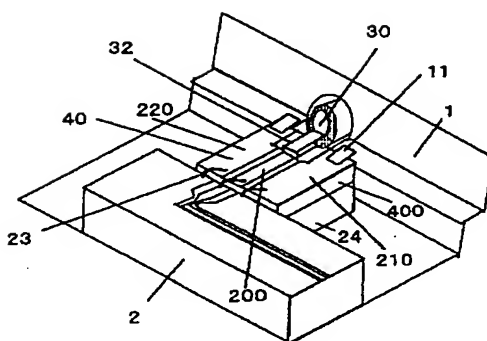
【図2】



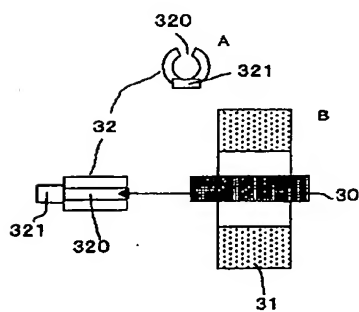
【図3】



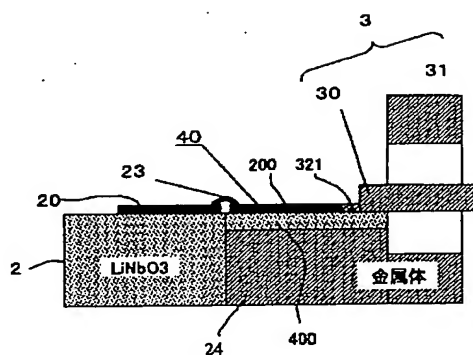
【図4】



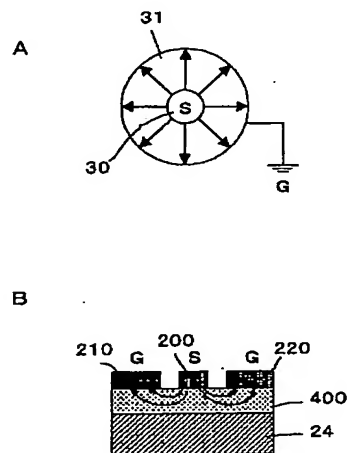
【図5】



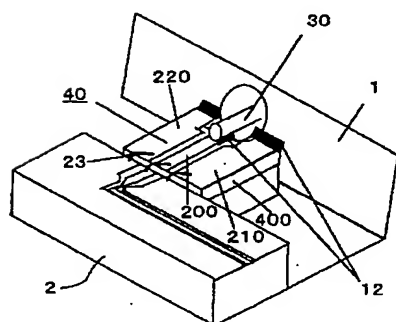
【図6】



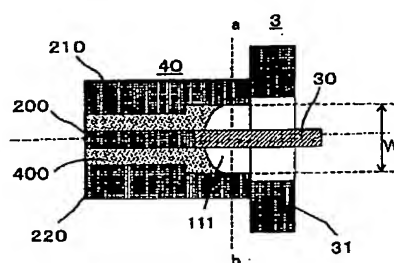
【図7】



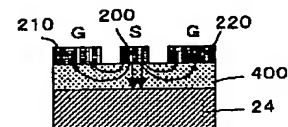
【図8】



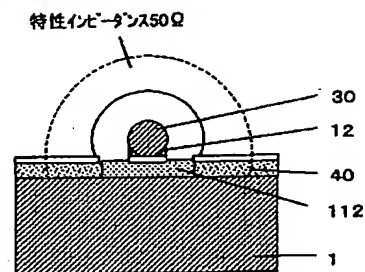
【図10】



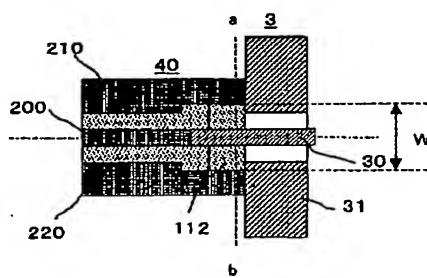
C



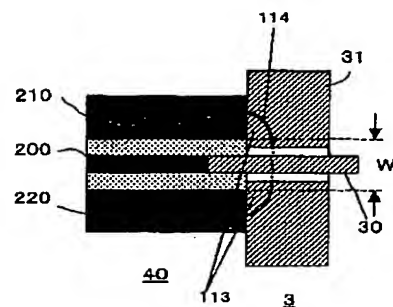
【图 14】



【图 13】

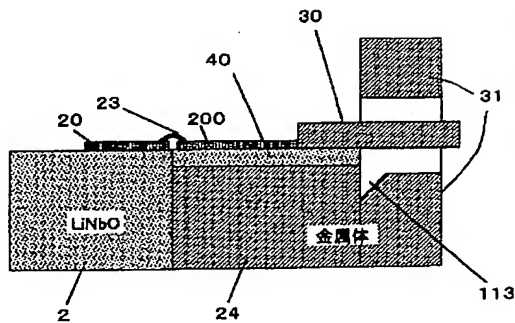


【图 17】

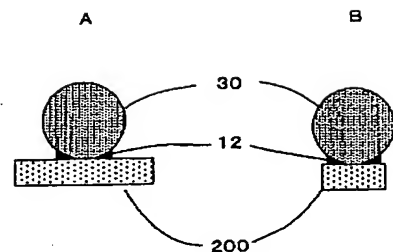
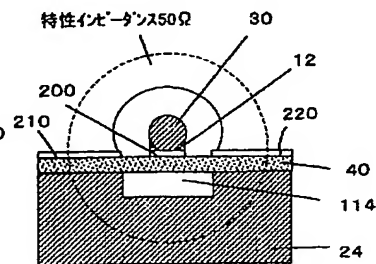


【图 23】

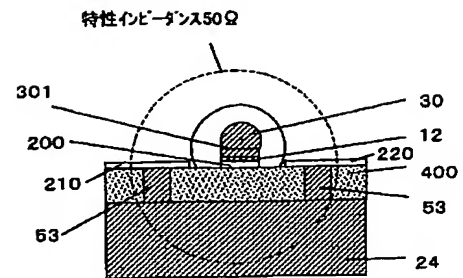
【图 16】



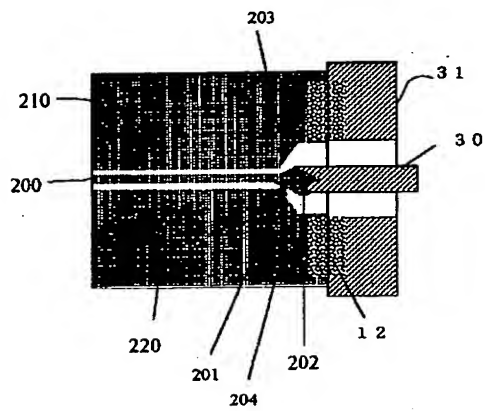
【図 19】



【图 2 1】



【图 2 2】



(72)発明者 石坂 哲男
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 田中 剛人
神奈川県川崎市中原区小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内
Fターム(参考) 2H079 AA02 AA12 BA01 BA03 CA04
DA03 EA05 EB04 EB12 EB15
HA14